

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-282024
(P2000-282024A)

(43)公開日 平成12年10月10日 (2000.10.10)

(51)Int.Cl.⁷
C 0 9 K 11/06
H 0 5 B 33/14

識別記号
6 5 5

F I
C 0 9 K 11/06
H 0 5 B 33/14

テマコト^{*}(参考)

(21)出願番号 特願平4-28494

(22)出願日 平成4年2月14日(1992.2.14)

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

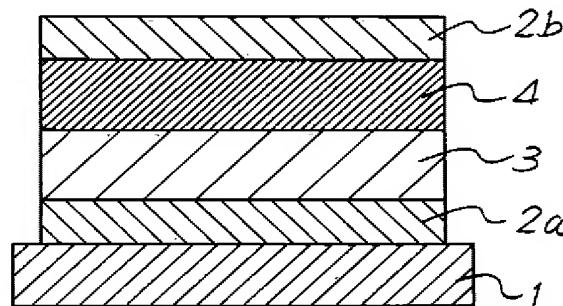
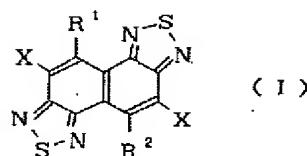
(71)出願人 000005968
三菱化学株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目5番2号
(72)発明者 田代 昌士
福岡県太宰府市水城ヶ丘3丁目261番5号
(72)発明者 又賀 駿太郎
福岡県大野城市大池2丁目17番5号
(72)発明者 佐藤 佳晴
神奈川県横浜市緑区鳴志田町1000番地 三菱化成株式会社総合研究所内
(74)代理人 100103997
弁理士 長谷川 曜司

(54)【発明の名称】 有機電界発光素子

(57)【要約】

【構成】 順次に、陽極、有機正孔輸送層、有機電子輸送層、陰極が積層された有機電界発光素子において、有機正孔輸送層および／または有機電子輸送層が、下記一般式(I)で表わされるナフトビス-1, 2, 5-チアジアゾール誘導体を含有することを特徴とする有機電界発光素子。

【化1】

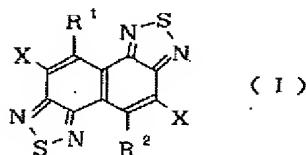


【効果】 低い駆動電圧で実用上十分な輝度の発光を得ることができ、かつ長期間保存した後も初期の発光特性を維持することができる。。

【特許請求の範囲】

【請求項1】順次に、陽極、有機正孔輸送層、有機電子輸送層、陰極が積層された有機電界発光素子において、有機正孔輸送層および／または有機電子輸送層が、下記一般式(I)で表わされるナフトビスー1，2，5ーチアジアゾール誘導体を含有することを特徴とする有機電界発光素子。

【化1】



(式中、R¹およびR²は、水素原子、ハロゲン原子、シアノ基、ニトロ基、カルボキシル基、置換基を有していてもよいアルキル基、置換基を有していてもよいアラルキル基、置換基を有していてもよいアルケニル基、置換基を有していてもよいアミノ基、置換基を有していてもよいアミド基、置換基を有していてもよいアルコキシ基、置換基を有していてもよいアルコキカルボニル基、置換基を有していてもよいアルコキシカルボニル基、置換基を有していてもよい芳香族炭化水素基または置換基を有していてもよい複素環基を示し、Xは水素原子、ハロゲン原子、アルコキシ基またはヒドロキシル基を示す。)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、有機電界発光素子に関するものであり、詳しくは、有機化合物から成る正孔輸送層と電子輸送層との組合せにより、電界をかけて光を放出する薄膜型デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、薄膜型の電界発光素子としては、無機材料のII-VI族化合物半導体であるZnS、CaS、SrS等に、発光中心であるMnや希土類元素(Eu、Ce、Tb、Sm等)をドープしたものが一般的であるが、上記の無機材料から作製した電界発光素子は、

- 1) 交流駆動が必要(50~1000Hz)、
- 2) 駆動電圧が高い(~200V)、
- 3) フルカラー化が困難(特に青色が問題)、
- 4) 周辺駆動回路のコストが高い、

という問題点を持っている。

【0003】しかし、近年、上記問題点の改良のため、有機材料を用いた電界発光素子の開発が行われるようになった。発光層材料としては以前から知られていたアントラセンやピレン等の他に、シアニン色素(J. Chem. Soc., Chem. Commun., 557頁、1985年)、ピラゾリン(Mol. Crys. Liq. Cryst., 135卷、355頁、1986年)、ペリレン(Jpn. J. Appl. Phys., 25卷、L773頁、1986年)あるいはクマリン系化合

物やテトラフェニルブタジエン(特開昭57-51781号公報)などが報告されている。

【0004】また、発光効率を高めるために電極からのキャリアーの注入効率の向上を目的として、電極種類の最適化や、正孔輸送層と有機蛍光体からなる発光層を設ける工夫(特開昭57-51781号公報、特開昭59-194393号公報、特開昭63-295695号公報、Appl. Phys. Lett., 51卷、913頁、1987年)等が行われている。さらに、素子の発光効率を向上

10 させるとともに発光色を変える目的で、8-ヒドロキシキノリンのアルミニウム錯体をホスト材料としてクマリン等のレーザ用蛍光色素をドープすること(J. Appl. Phys., 65卷、3610頁、1989年)も行われている。

【0005】

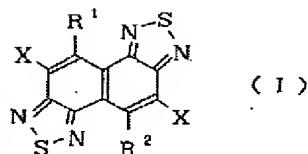
【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらに開示されている有機電界発光素子では発光性能、特に発光効率がまだ不十分であり、更なる改良検討が望まれていた。本発明者等は、上記実状に鑑み、長期に渡って20 安定に駆動させることができる有機電界発光素子を提供することを目的として鋭意検討した結果、特定の化合物が好適であることを見い出し、本発明を完成した。

【0006】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明の要旨は、順次に、陽極、有機正孔輸送層、有機電子輸送層、陰極が積層された有機電界発光素子において、有機正孔輸送層および／または有機電子輸送層が、下記一般式(I)で表わされるナフトビスー1，2，5ーチアジアゾール誘導体を含有することを特徴とする有機電界発光素子に存する。

【0007】

【化2】



【0008】(式中、R¹およびR²は、水素原子、ハロゲン原子、シアノ基、ニトロ基、カルボキシル基、置換基を有していてもよいアルキル基、置換基を有していてもよいアラルキル基、置換基を有していてもよいアルケニル基、置換基を有していてもよいアミノ基、置換基を有していてもよいアミド基、置換基を有していてもよいアルコキシ基、置換基を有していてもよいアルコキカルボニル基、置換基を有していてもよいアルコキシカルボニル基、置換基を有していてもよいアルコキシカルボニル基、置換基を有していてもよい芳香族炭化水素基または置換基を有していてもよい複素環基を示し、Xは水素原子、ハロゲン原子、アルコキシ基またはヒドロキシル基を示す。)

50 以下、本発明の有機電界発光素子について添付図面に従

い説明する。

【0009】図1は本発明の有機電界発光素子の構造例を模式的に示す断面図であり、1は基板、2a、2bは導電層、3は有機正孔輸送層、4は有機電子輸送層を各々表わす。基板1は、本発明の有機電界発光素子の支持体となるものであり、石英やガラスの板、金属板や金属箔、プラスチックフィルムやシート等を用いることができるが、ガラス板や、ポリエステル、ポリメタクリレート、ポリカーボネート、ポリサルホンなどの透明な合成樹脂基板が好ましい。

【0010】基板1上には導電層2aが設けられるが、この導電層2aは、通常、アルミニウム、金、銀、ニッケル、パラジウム、テルル等の金属、インジウムおよび／またはスズの酸化物などの金属酸化物やヨウ化銅、カーボンブラックあるいはポリ(3-メチルチオフェン)等の導電性樹脂などにより構成される。導電層2aの形成は通常、スパッタリング法、真空蒸着法などにより行われることが多いが、銀などの金属微粒子あるいはヨウ化銅、カーボンブラック、導電性の金属酸化物微粒子、導電性樹脂微粉末等の場合には、適当なバインダー樹脂溶液に分散し、基板上に塗布することにより形成することもできる。さらに、導電性樹脂の場合は電界重合により直接基板上に薄膜を形成することもできる。導電層2aは異なる物質を積層して形成することも可能である。

【0011】導電層2aの厚みは、必要とする透明性により異なるが、透明性が必要とされる場合は、可視光の透過率が60%以上、好ましくは80%以上であることが望ましく、この場合、厚みは、通常、50~1000Å、好ましくは100~5000Å程度である。不透明でよい場合は導電層2aは基板1と同一でもよい。また、導電層2aは異なる物質で積層することも可能である。

【0012】図1の例では、導電層2aは陽極(アノード)として正孔注入の役割を果たすものである。一方、導電層2bは陰極(カソード)として有機電子輸送層4に電子を注入する役割を果たす。導電層2bとして用いられる材料は、前記導電層2a用の材料を用いることができるが、効率よく電子注入を行うには、仕事関数の低い値をもつ金属が好ましく、スズ、マグネシウム、インジウム、アルミニウム、銀等の金属またはそれらの合金が用いられる。導電層2bの膜厚は、通常、導電層2aと同程度であり、導電層2aと同様の方法で形成することができる。

【0013】また、図1には示してはいないが、導電層2bの上にさらに基板1と同様の基板を設けることもできる。但し、電界発光素子としては導電層2aと導電層2bの少なくとも一方は透明性の良いことが必要である。このことから、導電層2aと導電層2bの一方は、100~5000Åの膜厚であることが好ましく、透明性の良いことが望まれる。

【0014】導電層2aの上には有機正孔輸送層3が設けられるが、有機正孔輸送層3は、電界を与えられた電極間において陽極からの正孔を効率よく有機電子輸送層4の方向に輸送することができる化合物より形成される。有機正孔輸送化合物としては、導電層2aからの正孔注入効率が高く、かつ注入された正孔を効率よく輸送することができる化合物であることが必要である。そのためには、イオン化ポテンシャルが小さく、しかも正孔移動度が大きく、さらに安定正にすぐれたトラップとなる不純物が製造時や使用時に発生しにくい化合物であることが要求される。

【0015】このような正孔輸送化合物としては、例えば、特開昭59-194393号公報の第5~6頁および米国特許第4175960号の第13~14欄に記載されているもの等が挙げられる。これら化合物の好ましい具体例としては、N,N'-ジフェニル-N,N'-(3-メチルフェニル)-1,1'-ビフェニル-4,4'-ジアミン、1,1'-ビス(4-ジ-p-トリルアミノフェニル)シクロヘキサン、4,4'-ビス(ジフェニルアミノ)クワドロフェニル等の芳香族アミン系化合物が挙げられる。芳香族アミン系化合物以外では、特開平2-311591号公報に示されるヒドラゾン化合物が挙げられる。これらの芳香族アミン化合物またはヒドラゾン化合物は、単独で用いても、必要に応じて各自混合物として用いてもよい。

【0016】有機正孔輸送層3は、塗布法あるいは真空蒸着法により前記導電層2a上に積層することにより形成される。例えば、塗布法の場合は、有機正孔輸送化合物を1種または2種以上と必要により正孔のトラップにならないバインダー樹脂や、レペリング剤等の塗布性改良剤などの添加剤を添加して溶解させた塗布溶液を調整し、スピンドル法などの方法により導電層2a上に塗布し、乾燥して有機性孔輸送層3を形成する。バインダー樹脂としては、ポリカーボネート、ポリアクリレート、ポリエステル等が挙げられる。バインダー樹脂は添加量が多いと正孔移動度を低下させるので、少ない方が望ましく、50重量%以下が好ましい。

【0017】また、真空蒸着法の場合には、有機正孔輸送材料を真空容器内に設置されたルツボに入れ、真空容器内を適当な真空ポンプで 10^{-6} Torrにまで排気した後、ルツボを加熱して、正孔輸送材料を蒸発させ、ルツボと向き合って置かれた基板上に層を形成する。有機正孔輸送層3の膜厚は、通常、100~3000Å、好ましくは300~1000Åである。この様に薄い膜を一様に形成するためには、真空蒸着法がよく用いられる。

【0018】有機正孔輸送層3の上には有機電子輸送層4が設けられるが、有機電子輸送層4は、電界を与えられた電極間において陰極からの電子を効率よく有機正孔輸送層3の方向に輸送することができる化合物より形成

される。有機電子輸送化合物としては、導電層2bからの電子注入効率が高く、かつ、注入された電子を効率よく輸送することができる化合物であることが必要である。そのためには、電子親和力が大きく、しかも電子移動度が大きく、さらに安定性にすぐれトラップとなる不純物が製造時や使用時に発生しにくい化合物であることが要求される。

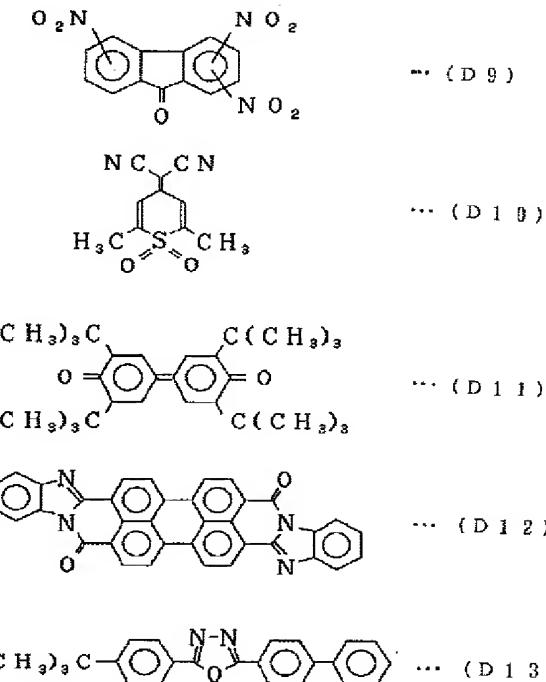
【0019】このような条件を満たす材料としては、テトラフェニルブタジエン等の芳香族化合物（特開昭57-51781号公報）、8-ヒドロキシキノリンのアルミニウム錯体等の金属錯体（特開昭59-194393号公報）、シクロペンタジエン誘導体（特開平2-289675号公報）、ペリノン誘導体（特開平2-289676号公報）、オキサジアゾール誘導体（特開平2-216791号公報）、ビススチリルベンゼン誘導体（特開平1-245087号公報、同2-222484号公報）、ペリレン誘導体（特開平2-189890号公報、同3-791号公報）、クマリン化合物（特開平2-191694号公報、同3-792号公報）、希土類錯体（特開平1-256584号公報）、ジスチリルピラジン誘導体（特開平2-252793号公報）、チアジアゾロピリジン誘導体（特開平3-37292号公報）、ピロロピリジン誘導体（特開平3-37293号公報）、ナフチリジン誘導体（特開平3-203982号公報）等が挙げられる。これらの化合物を用いた場合*

*は、有機電子輸送層4は電子を輸送する役割と、正孔と電子の再結合の際に発光をもたらす役割を同時に果たす。

【0020】有機電子輸送層4の膜厚は、通常、100～2000Å、好ましくは300～1000Åである。有機電子輸送層4も有機正孔輸送層3と同様の方法で形成することができるが、通常は、真空蒸着法が用いられる。また、有機電界発光素子の発光効率をより向上させるために、有機電子輸送層4の上に、図2に示すよう10に、さらに他の有機電子輸送層5を積層することもできる。この有機電子輸送層5に用いられる化合物は、陰極からの電子注入が容易で、電子の輸送能力がさらに大きいことが要求される。このような有機電子輸送化合物としては、下記構造式(D9)で表わされる化合物などのニトロ置換フルオレノン誘導体、下記構造式(D10)で表わされる化合物などのチオピランジオキシド誘導体、下記構造式(D11)で表わされる化合物などのジフェニルキノン誘導体、下記構造式(D12)で表わされる化合物などのペリレンテトラカルボン酸誘導体(JP20n. J. Appl. Phys. 27巻、L269頁、1988年)、下記構造式(D13)で表わされる化合物などのオキサジアゾール誘導体(Appl. Phys. Lett. 55巻、1489頁、1989年)が挙げられる。

【0021】

【化3】



【0022】このような、有機電子輸送層5の膜厚は、通常、100～2000Å、好ましくは300～1000Åである。尚、図1とは逆の構造、すなわち基板上に導電層2b、有機電子輸送層4、有機正孔輸送層3、導

※電層2aの順に積層することも可能であり、既述したように少なくとも一方が透明性の高い2枚の基板の間に本発明の電界発光素子を設けることも可能である。また、同様に、図2とは逆の構造にすることも可能である。

【0023】従来、有機発光素子の発光効率を向上させるとともに発光色を変化させる目的で、8-ヒドロキシキノリンのアルミニウム錯体をホスト材料として、各種の蛍光色素をドープすることが行われている（米国特許4,769,292号）が、このドープによる方法の利点としては、

- ① 高効率の蛍光色素により発光効率が向上、
 - ② 蛍光色素の選択により発光波長が調べる、
 - ③ 濃度消光を起こす蛍光色素も使用可能、
 - ④ 薄膜性のわるい蛍光色素も使用可能、
- 等が挙げられる。

【0024】本発明においては、有機電子輸送層がその役割を果たす場合、ホスト材料としては、前述の有機電子輸送化合物が挙げられ、有機正孔輸送層がその役割を果たす場合、ホスト材料としては、前述の芳香族アミン化合物やヒドラゾン化合物が挙げられる。本発明において、前記一般式（I）で表される化合物がドープされる領域は、有機正孔輸送層3および／または有機電子輸送層4の全体であっても、その一部分であってもよい。前記一般式（I）で表される化合物が、ホスト材料に対してドープされる量は、10⁻³～10モル%が好ましい。

【0025】前記一般式（I）で表される化合物は、溶液状態で強い蛍光を示し、ホスト材料にドープされた場合、素子の発光効率が向上する。さらに、ホスト材料の薄膜状態を構造的に安定化することができるため、有機電界発光素子に長期にわたる安定性を与えることが可能である。前記一般式（I）で表される化合物を、有機正孔輸送層3および／または有機電子輸送層4にドープする方法としては、例えば、塗布法の場合は、有機正孔輸送化合物または有機電子輸送化合物と、前記一般式（I）で表される化合物、さらに必要により、必要により正孔または電子のトラップにならないバインダー樹脂や、レペリング剤等の塗布性改良剤などの添加剤を添加して溶解させた塗布溶液を調整し、スピンドル法などの方法により塗布し、乾燥して形成する。バインダー樹脂としては、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエスチル等が挙げられる。バインダー樹脂は、添加量が多いと正孔または電子の移動度を低下させるので少ない方が望ましく、50重量%以下が好ましい。真空蒸着法の場合には、有機正孔輸送化合物または有機電子輸送化合物を真空容器内に設置されたルツボに入れ、前記一般式（I）で表される化合物を別のルツボに入れ、真空容器内を適当な真空ポンプで10⁻⁶Torr程度にまで排気した後、各々のルツボを同時に加熱して蒸発させ、ル

ツボと向き合って置かれた基板上に層を形成する。また、別の方針としては、上記材料を所定の割合で混合したもの同一のルツボを用いて蒸発させてもよい。

【0026】前記一般式（I）において、R¹およびR²としては、好ましくは、水素原子、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子等のハロゲン原子、シアノ基、ニトロ基、カルボキシル基、あるいはアリル基、2-クロロアリル基等の置換または非置換のアルケニル基、アミド基；CONH₂、CONHR、CONRR'（式中、

- 10 R、R'はフェニル基等の芳香族炭化水素基または置換されていてもよいアルキル基を示す。）、置換基を有していてもよいアミノ基、置換基を有していてもよいメチル基、エチル基等の炭素数1～6のアルキル基；置換基を有していてもよいメトキシ基、エトキシ基等の炭素数1～6のアルコキシ基；置換基を有していてもよいメトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基等の炭素数1～6のアルコキシカルボニル基；置換基を有していてもよいメトキシスルホニル基、エトキシスルホニル基等のアルコキシスルホニル基；置換基を有していてもよいベンジル基、フェネチル基等のアラルキル基；置換基を有していてもよいフェニル基、ナフチル基、アセナフチル基、アントリル基等の芳香族炭化水素基；置換基を有していてもよいチエニル基、カルバゾル基、インドリル基、フリル基等の複素環基等を示す。これらに置換する置換基としてはメチル基、エチル基等の炭素数1～6のアルキル基；メトキシ基等の低級アルコキシ基；フェノキシ基、トリオキシ基等のアリールオキシ基；ベンジルオキシ基等のアリールアルコキシ基；フェニル基、ナフチル基等のアリール基；ジメチルアミノ基等の置換アミノ基等が挙げられる。特に好ましくは、水素原子、塩素原子等のハロゲン原子、炭素数1～6のアルキル基、炭素数1～6のアルコキシ基が選ばれる。

【0027】Xとしては、好ましくは水素原子、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子等のハロゲン原子、メトキシ基、エトキシ基等の炭素数1～6のアルコキシ基、ヒドロキシル基等が挙げられる。これらの化合物の合成法は、又賀らによって、J. Heterocyclic. Chem.の18巻、1073頁（1981年）；同26巻、215頁（1989年）に示されている。このようにして得られる上記化合物の具体例を以下に示す。これらの化合物は、蛍光強度が強く、耐光性、耐熱性も良好である。

【0028】

【表1】

表 1

化合物 N o.	R¹、R²	X
1	- H	- H
2	- H	- Br
3	- H	- Cl
4	- H	- I
5	- H	- OH
6	- H	- OCH ₃
7	- Br	- Br
8	- Cl	- Cl

【0029】

【作用】本発明においては、有機電子輸送層および／または有機正孔輸送層のドープ材料として、前記一般式(I)で表わされる蛍光性化合物を用いることにより、優れた発光特性と長期間にわたる安定性をもたらすことが可能となる。

【0030】

【実施例】次に、本発明を実施例によって更に具体的に説明するが、本発明はその要旨を越えない限り、以下の実施例の記載に限定されるものではない。

実施例 1

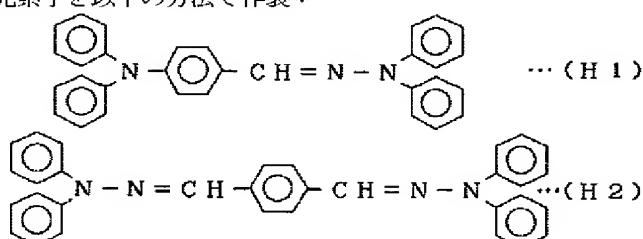
図1に示す構造の有機電界発光素子を以下的方法で作製*

*した。

【0031】ガラス基板上にインジウム・スズ酸化物(ITO)透明導電膜を1200Å堆積したものを有機アルカリで超音波洗浄、水洗、イソプロピルアルコールで超音波洗浄した後、真空蒸着装置内に設置して、装置内の真空度が 2×10^{-6} Torr以下になるまで油拡散ポンプを用いて排気した。有機正孔輸送層材料として、下記構造式(H1)および(H2)で表わされるヒドラゾン化合物をモル比で1:0.3で混合したものと、

【0032】

【化4】



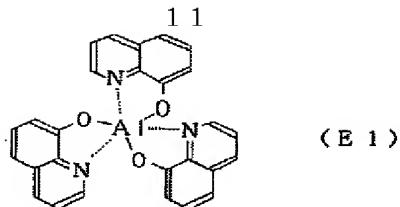
【0033】ドープする化合物として前記のナフトビス-1, 2, 5-チアジアゾール誘導体(化合物N o. 2)とを各々、別のセラミックるつぼに入れ、るつぼの周囲のT a線ヒーターで同時に加熱して真空容器中で蒸発させた。るつぼの温度はヒドラゾン混合物に対しては130~150°Cの範囲で、ナフトビス-1, 2, 5-チアジアゾール誘導体に対しては90~110°Cの範囲で制御した。蒸発時の真空度は 1×10^{-6} Torrであった。このようにして化合物N o. 2が上記ヒドラゾン※50

※混合物に対して3モル%ドープされた有機正孔注入輸送層を514Åの膜厚で蒸着した。蒸着時間は3分であった。

【0034】次に、有機電子輸送層の材料として、下記構造式(E1)で表わされるアルミニウムの8-ヒドロキシキノリン錯体を用い、

【0035】

【化5】



【0036】有機正孔輸送層と同様にして、205~230°Cの範囲でつぼの温度を制御して蒸着を行った。蒸着時の真空度は 7×10^{-7} Torrで、蒸着時間は2分であった。結果として、膜厚520Åの有機電子輸送層が得られた。最後にカソードとして、マグネシウムと銀の合金電極を2元同時蒸着法によって膜厚1500Åに蒸着した。蒸着はモリブデンポートを用いて、真空度は 6×10^{-6} Torrで、蒸着時間は8分であった。光沢のある膜が得られた。マグネシウムと銀の原子比は10:3の範囲であった。

【0037】このようにして作製した有機電界発光素子のITO電極(アノード)にプラス、マグネシウム・銀電極(カソード)にマイナスの直流電圧を印加して測定した発光特性の結果を表2に示す。この素子は、緑色の一様な発光を示した。

比較例1

有機正孔輸送層に化合物N_{o.}2をドープしなかったこと以外は実施例1と同様にして有機電界発光素子を作製した。この素子の発光特性の測定結果を表2に示す。この素子は、緑色の一様な発光を示した。

【0038】

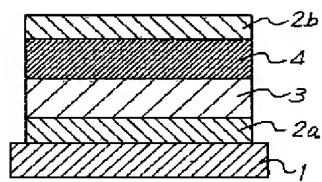
【表2】

表2

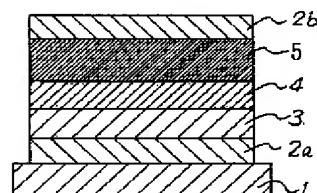
素子	V _{th} [V]	最大輝度 [cd/m ²]	発光効率 [lm/W]
実施例1	7	2760	0.31
比較例1	10	1471	0.17

V_{th}: 輝度が1cd/m²となる電圧

【図1】



【図2】



【0039】実施例2および比較例2
実施例1および比較例1で作製した各素子を真空中で保存して、輝度が100cd/m²となる実用駆動電圧(V₁₀₀)の経時変化を測定した結果を図3に示す。実施例1の素子は長期にわたる安定性を示したのに対して、比較例1の素子は30日以上経つと駆動電圧の増加が顕著になると同時に輝度も大きく低下した。

【0040】

【発明の効果】本発明の有機電界発光素子は、陽極(アノード)、有機正孔注入輸送層、有機電子注入輸送層および陰極(カソード)が基板上に順次設けられており、有機正孔注入輸送層および/または有機電子注入輸送層、もしくはその一部分に特定の蛍光色素をドープしているため、両導電層を電極として電圧を印加した場合、低い駆動電圧で実用上十分な輝度の発光を得ることができ、かつ長期間保存した後も初期の発光特性を維持することができる。

【0041】従って、本発明の電界発光素子はフラットパネル・ディスプレイ(例えば壁掛けテレビ)の分野や面発光体としての特徴を生かした光源(例えば、複写機の光源、液晶ディスプレイや計器類のバックライト光源)、表示板、標識灯への応用が考えられ、その技術的価値は大きいものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の有機電界発光素子の一実施例の断面図である。

【図2】本発明の有機電界発光素子のその他の実施例の断面図である。

【図3】本発明の実施例および比較例で作製した有機電界発光素子の実用駆動電圧の経時変化を測定した結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 2a, 2b 導電層
- 3 有機正孔輸送層
- 4 有機電子輸送層
- 5 4とは異なる化合物で構成される有機電子輸送層

【図3】

